

Landschaftsstruktur und Degradationsprozesse in der argentinischen Pampa und in Patagonien

von

Wilfried Endlicher (Berlin)

Landschaftsschäden sind in Südamerika ein weit verbreitetes Phänomen, das sowohl durch die naturgeographischen Rahmenbedingungen als auch durch eine nicht nachhaltige Nutzung ausgelöst wird. Argentinien bildet dabei keine Ausnahme. Im Folgenden wird insbesondere auf die aktuellen Degradationsprozesse im Südteil des Cono Sur eingegangen.

1. Die argentinische Pampa

1.1 Naturräumliche Grundlagen

Das Kristallin des Brasilianischen Schildes wird im Westen durch eine parallel zu den Anden verlaufende Störungslinie begrenzt. Der Kontinentkern ist in diesem Bereich mehrere 100 m tief abgesunken. Er wird durch marine und terrestrische Sedimente überdeckt (Zeil 1986, 55). An der Oberfläche werden diese durch die 30 - 50 m mächtige sogenannte Pampa-Formation abgeschlossen, deren Dicke nach Norden hin abnimmt. Sie besteht im wesentlichen aus Löss, der aus den Schutt- und Fanglomeratkegeln des Andenvorlandes ausgeweht wurde. Die Korngrößen nehmen von West nach Ost von mehr sandigen zu schluffig-tonigen Größen ab. Dazwischen geschaltet sind Lehme quartärer Flachseen, vulkanische Aschen sowie fossile und rezente Dünenande. Auf der Pampa-Formation sind im Norden fluviatile Sedimente der Andenflüsse und an den Pampinen Sierren im Westen postglaziale Flugsande und rezente Dünen aufgelagert.

Diese 600 - 1000 km breite, durch flache Mulden und Bodenwellen gegliederte Ebene erhebt sich von Meereshöhe bzw. 25 m ü. M. am Río Paraná auf ca. 500 m ü. M. am Andenrand empor. Das äußerst geringe Gefälle, die völlige Steinlosigkeit und das nur im Norden gut und sonst gering oder gar nicht ausgebildete Gewässernetz sind charakteristische Eigenschaften dieses zentralen Tieflandes. Die autochthonen Pampaflüsse enden meist in Salz-Ton-Pfannen, sog. Salzlagunen ohne Abfluss (Salinas oder Salitrales). Die Pampa umfasst zwischen 31 und 39°S die Provinz Buenos Aires und angrenzende Teile der Provinzen Entre Ríos im Norden und Santa Fe, Córdoba, San Luis und La Pampa im Westen. Sie ist knapp 1/2 Mio km² groß und bildet das Herzland der argentinischen Landwirtschaft.

Die Pampa lässt sich morphologisch in mehrere Teilgebiete gliedern. Zentralbereich des Tieflandes ist die *Pampa deprimida*, eine Tiefenzone, die durch langgestreckte Senken

(Cañadas) und sehr flachen Mulden (Bañados), wahrscheinlich Deflationswannen ohne Abfluss zum Meer, gekennzeichnet ist. An sie schließt sich im Norden die *Pampa ondulada* (Hügelpampa) am unteren Río Paraná und am Río de la Plata an. Im äußersten Westen geht die immerhin bereits 500 m ü. M. hoch gelegene *Pampa arenosa* (Sandpampa) in die Gebirgsfußzonen der Kordillere über. Westlich des Río Atuel wird sie durch breite Täler aus der Zeit der Andenhebung durchschnitten. Die einzigen Mittelgebirge sind im Süden die als aufgesprezte Schollen des Brasilianischen Schildes zu interpretierenden, WNW-ESE streichenden Grundgebirgsschollen der Sierra de Tandil (506 m) und der Sierra de Ventana (1243 m). Zwischen ihnen befindet sich die nahezu ungestörte Hochebene der *Pampa interserrana*. Der Löß wird in ihr meist durch Kalkausscheidungen und -krusten (Tosca) unterlagert, wodurch die Gründigkeit der Böden und damit ihre Nutzung beeinträchtigt wird. Im Nordosten bilden schluffig-tonige Sedimente die *Pampa loessica* von Entre Ríos, die ostwärts in die Pampa von Uruguay übergeht.

In einer hygrischen Gliederung unterscheidet man die *Feuchtpampa* im Zentrum und im Nordosten und die *Trockenpampa* im Südwesten, die schon vom Leeeffekt der Anden betroffen ist. Bei relativ geringen Temperaturamplituden, die durch die Nähe des Atlantiks gedämpft werden, variieren die Jahresniederschläge zwischen 400 mm in SW und 1000 mm in NE. Sie fallen ganzjährig, wobei schwache Maxima im Frühjahr und Herbst verzeichnet werden und im Sommer regelmäßig eine negative Wasserbilanz auftritt (Hoffmann 1992a,b; Hoffmann, Haluszczak und Coy 1994). Außerdem haben sie in den letzten Jahren zugenommen, was eine westwärtige Verlagerung des Anbaugürtels zur Folge hatte.

1.2. Böden

In einem Land, dessen Wohlstand so stark von der Agrarproduktion abhängt, wie es in Argentinien der Fall ist, spielen die Böden, ihre Eigenschaften und regionale Verteilung, eine herausgehobene Rolle. Die Agrarforschungsbehörde des Landes, das Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), unterhält in jeder Provinz eigene Forschungseinrichtungen, um diesem Faktor Rechnung zu tragen. Inzwischen liegt ein umfangreicher, zweibändiger Bodenatlas der Argentinischen Republik vor (Moscatelli 1990). Auf der Basis der amerikanischen Bodenklassifikation werden für alle Provinzen detaillierte Beschreibungen und Karten mit der Verteilung der Bodentypen vorgelegt.

Die mit Abstand wichtigsten Böden sind die schwarzerdeähnlichen *Phaeozeme*, die sich aus dem äolischen Feinsubstrat des Löss gebildet haben. Sie besitzen einen Ah-Horizont von mindestens 10 cm Dicke, einen mittleren bis hohen Humusgehalt und eine granulare bis

prismatische Struktur. Ihre Basensättigung ist hoch, genauso wie die Austauschkapazität aufgrund der vorherrschenden Dreischicht-Tonminerale. Es sind die besten Böden des Landes mit der höchsten Fruchtbarkeit. Nichts desto weniger darf man sie nicht mit den Schwarzerden der ukrainischen Steppen oder der nordamerikanischen Prärien verwechseln; die dortige Vegetationsruhe während des sehr kalten kontinentalen Winters fehlt in der Pampa, so dass sie im Vergleich zu den Schwarzerden mit 2-5% organischer Materie relativ humusarm sind.

Nach Nordosten gehen die Phaeozeme aufgrund der feuchteren Klimaverhältnisse und des feineren, tonigeren Substrates in *Vertisole* über. Dabei handelt es sich um stark verdichtete Tonböden, die bei Trockenheit zu Rissbildung neigen, jedoch für Weideland eine ausreichende Fruchtbarkeit bieten. Es sind dies die charakteristischen Böden von Entre Ríos und des westlichen Corrientes, die aber auch noch an der La Plata Küste vorkommen.

1.3 Vegetation

Als die ersten Spanier an der Mündung des Río de la Plata ausschifften, trafen sie auf eine riesige Ebene. Dieses baum- und schattenlose „Grasmeer“ war aus ihrer Sicht nicht nur völlig wertlos, da ohne Edelmetalle, sondern darüber hinaus auch noch gefährlich, konnte man doch in der glühenden Subtropensonne verdursten oder ein Opfer der kämpferischen Pampa-Indianer werden. Heute sind die ca. 430 000 km² der argentinischen Pampa eine der Kornkammern der Erde und mit der größte Naturreichtum des Landes.

Während in der Feuchtpampa *Stipa*- und *Bothriochloa*-Arten vorherrschen, wird die aridere Trockenpampa im Südwesten von Tussockgräsern, einer nur auf der Südhemisphäre verbreiteten Wuchsform, dominiert. Es sind dies bis zu 1 m hohe, horstförmige Grasbüschel aus auch im Winter nicht verwesenden, harten Blättern. Deswegen hat die Trockenpampa das ganze Jahr über einen gelblichen Aspekt. Wichtigste Tussockgrasart ist *Stipa brachychaeta*, die an etwas feuchteren Stellen von *Stipa trichotoma* und auf Solonezböden mit Salzanreicherung von *Distichlis*-Rasen abgelöst wird. Von besonderer Bedeutung sind in der gesamten Pampa die Lagunas pampeanas, mehr oder weniger salzige, permanente oder episodische Flachseen. In diesen Humedales ist das Ökosystem noch nicht völlig vom Menschen überprägt. In den flachen Mulden und Wasser gedeihen Binsen- (*Typha* sp.) und Schilfbestände (*Scirpus californicus*) sowie in Salzsümpfen die Espartillares. Auch das wohl eindrucksvollste Pampagras, die *Cortadera* mit ihren weißen Federbüschen, kommt in den feuchteren, niedrigeren Teilen vor.

Das „Grasmeer“ der Pampa ist das an die subtropische Strahlung, an Überschwemmungen und Dürren, Winterfröste und Sommerhitze angepasste Biom (Abb. 1). Die Flora der Pampa umfasst dabei über 1000 Arten von Gefäßpflanzen (Soriano et al. 1992). Aus dem evolutionären Prozess entsprangen über 100 Grasarten, die den Boden flächenhaft als Rasen decken. Der Deckungsgrad beträgt in der Feuchtpampa im Osten ca. 90-100 % und nimmt westwärts in der Trockenpampa auf 60-80 % ab. Die häufigste Familie bilden die Poaceen mit 190 einheimischen Arten. Neben den Poaceen findet man v. a. in der Hügelpampa im Nordwesten von Buenos Aires *Stipa*-, *Piptochaetium*-, *Aristida*- und *Melica*-Arten, die als Flechillar (Pfeilgrassteppe) zusammengefaßt werden. Besonders häufig kommen *Bothriochloa laguroides*, *Stipa neesiana*, *S. charruana*, *S. brachychaeta*, *Piptochaetium montevidense*, *Aristida murina*, *Stipa papposa*, *Paspalum dilatatum* (pasto miel), *Piptochaetium bicolor*, *Briza brizoides* und *Melica brasiliensis* vor.

Im Winter, während der Ruhezeit der Gräser, können sich annuelle Kräuter, wie z.B. die rosa und gelb blühende Vinagrilla, entwickeln, die im zeitigen Frühjahr blühen und dann von den Gramineen überwachsen werden. Die Vegetationsdecke ist dreischichtig aufgebaut und 50 bis 100 cm hoch. In der oberen Schicht befinden sich die Blütenstände der Gräser, die Blätter der Gräser und Kräuter bilden die mittlere Schicht und die unterste, nur 5 cm hohe Schicht besteht aus kriechenden und rosettenbildenden Kräutern. Der Winter ist die Ruhezeit der Vegetation. Die abgestorbenen Grasblätter verleihen der Pampa dann einen gelblichen Aspekt. Ende September bis Anfang Oktober blühen die Frühlingsannuellen und Geophyten (Anemonen, Liliaceen und Iridaceen). Im November und Dezember ist die Pampavegetation voll entwickelt. Der Hochsommer bildet trotz reichlicher Niederschläge, jedoch aufgrund der hohen Verdunstungsraten wieder eine Ruheperiode. Im März ist die Pampa von der spät blühenden *Bothriochloa* silbrig überzogen.

Heute ist die Zusammensetzung der Vegetation eine völlig andere als am Ende des 19. Jh. In den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts fand Parodi (1930) noch 26 einheimische Gramineen und 46 endemische Kräuter. Heute sind viele exotische Gräser und Kräuter dazugekommen, z.B. allein 40 exotische Poaceen, da die ursprünglichen Hartgräser für die europäischen Viehsorten ungeeignet waren (Walter & Breckle 1991, 394). Nur sehr wenige Flächen stehen unter Schutz und niemand weiß genau, wie die einstige Pflanzendecke wirklich zusammengesetzt war. Das natürliche Grasland der Pampa wurde von den Siedlern umgepflügt, um anschließend meist Luzerne als Viehfutter sowie europäische Gräser einzusäen. Zudem wurden meist südeuropäische Unkräuter, darunter Disteln und Schierling, eingeschleppt. Schließlich ist die heutige Pampa auch nicht mehr völlig baumlos. Die ersten

Siedler pflanzten den Ombú, einen vom Paraná-Ufer stammenden Schattenbaum, der durch sein abnormes Dickenwachstums auffällt. Neben zahlreichen Exoten wie Robinien, Kasuarinen, Zypressen und Ahörnern trifft man verbreitet auf ausgedehnte Aufforstungen mit Eukalypten, Lombardischen Pappeln und Kiefern, deren Gesamtfläche Eriksen (1978) mit 50.000 ha angab.

2. Die Schichtstufen- und Tafelbergländer von Ostpatagonien

2.1 Naturräumliche Grundlagen

Die Bergländer von Argentinien's „Großem Süden“ erstrecken sich vom Andenfuß im Westen bis an den Atlantik im Osten und von der tektonischen Störung des Río Colorado im Norden bis nach Feuerland. Sie nehmen somit den gesamten Süden des Landes ein und sind aus einer Vielzahl verschiedener Formungselemente zusammengesetzt. Den Sockel bildet ein kristallines Grundgebirge, die Patagonische Masse. Der kristalline Untergrund dieses alten Schildes ist zwischen dem Río Colorado und dem Río Chubut in den Flußtälern angeschnitten. Dem kristallinen Sockel ist ein mächtiges Schichtpaket aus mesozoischen bis tertiären Decksedimenten aufgelagert. Harte und weiche Sandsteine, Mergel, Tone und Tuffe einer litoralen bis kontinentalen Fazies aus Trias, Jura und Kreide sowie Vulkanite wechseln miteinander ab. Besonderes Augenmerk wurde in diesem Schichtpaket den terrestrischen Kreidesedimenten aufgrund ihrer Saurierfunde bei Neuquén („Dinosaurierschichten“ von Kühn 1927, 78) sowie den marinen Juragesteinen bei Comodoro Rivadavia und Caleta Olivia wegen ihrer Erdöllagerstätten zuteil. Mit der tektonischen Hebung des Schichtenpaketes und seiner sukzessiven Zerschneidung im jüngeren Tertiär bzw. älteren Quartär kam es zur Entstehung von *Schichttafelbergen* (Mesetas). Bemerkenswert sind dabei die Eruptivgesteine, die teils als Zwischenlager zwischen den marinen und terrestrischen Sedimenten, teils aber auch als Decke bei Lavaergüssen den *Mesetas* den erwähnten tafelbergartigen Charakter verleihen. Mehrere Eruptivperioden aus dem Tertiär und Quartär sind im Zusammenhang mit der Andenhebung bekannt. Dementsprechend erstrecken sich die Ergussdecken auch in einem 60 - 100 km breiten Streifen parallel zu den Anden. Es sind aber auch Ausbruchstellen auf den Mesetas selbst vorhanden, wie etwa die Maare und Kraterschlote nahe der chilenischen Grenze südlich des Río Gallegos. Die Petroleumschichten der oberen Kreide wurden um 1902 bei Comodoro Rivadavia erschlossen und werden heute noch an verschiedenen Stellen ausgebeutet. Die patagonischen *Mesetas* steigen von der Küste bis in eine Höhe von etwa 1500 m an der Kordillere auf. Sie wurden in der mittleren Kreide

teilweise gefaltet und im Eozän zerbrochen und verbogen. Am Kordillerenrand bilden die aufgeschleppten Sedimente sogar Schichtstufen (Garleff 1975). Zwischen Anden und Mesetas eingeschoben sind die *Patagoniden*, ältere gefaltete Schichten aus Trias und Jura, die Mittelgebirge aufbauen. Die Patagoniden ziehen sich in einem Bogen in einer NNW - SSE - Streichrichtung vom Knie des Río Senguerr bei 46°S nach NNW und erreichen in der Sierra de San Bernardo 1300 m. Durch die tektonischen und vulkanischen Prozesse sind zahlreiche abflusslose Hohlformen entstanden. Die treppenartig übereinander gestuften *Tafelbergländer*, für die lokal auch die Bezeichnung „Pampa“ verwendet wird (Pampa pelada, Pampa de Setenta, Pampa del Castillo bei Comodoro Rivadavia) sind von nuss- bis faustgroßen, gerundeten Rollsteinen aus Quarzporphyr, Basaltquarzit und anderen widerständigen Gesteinen überzogen. Diese schon von Darwin (1846) beschriebenen „*Patagonischen Gerölle*“ sind offenbar mit älteren Vereisungsphasen im unteren Pleistozän in Verbindung zu bringen, da ihre Schüttungsrichtung von West nach Ost sowie die in ihnen vorkommenden großen Blöcke andere Agenzien ausschließen. Nach Mercer (1976) wurde dieser unterschiedlich alte „glacial outwash“ der Moränen zwischen 3,5 und 1,0 Mio. Jahren vor heute im Andenvorland abgelagert. Die Patagonischen Gerölle überdecken vom Fuß der Kordillere bis an die Küste z. T. ausgedehnte Flächen.

Auch zwei weitere, für die Landschaften Patagoniens besonders charakteristische Ausprägungen des glazialen und fluviatilen Formenschatzes sind ebenfalls in das Quartär zu stellen. Hierbei sind zum einen die schluchtartig eingeschnittenen *Cañadones* zu nennen, die eine verbreitete Talform der Bergländer darstellen und aufgrund des Windschutzes und der in den feuchteren Talböden möglichen intensiveren Beweidung ein ganz wesentliches Landschaftselement in Patagonien darstellen. Das andere Element stellen die *Grund- und Endmoränen* dar, die südwärts sukzessive immer weiter aus der Kordillere heraustreten. Im Norden bilden sie girlandenförmige Amphitheater im Andenvorland (Schellmann 1998), an der Magellanstraße erreichen sie den Atlantik.

2.2 Böden

Aufgrund des durch die Anden hervorgerufenen, nahezu permanenten Leeeffekts herrschen aride Verhältnisse. Deswegen nehmen flachgründige, skelettreiche *Cambisole* große Teile Patagoniens ein. Sie verfügen über einen hellen, humusarmen Oberboden. Das Bodenwasser ist so fest gebunden, dass es kaum pflanzenverfügbar ist. Zu diesen Halbwüstenböden zählen etwa auch Solontschake und Solonetze als Untergruppen.

2.3 Vegetation

Die Vegetation Patagoniens wird flächenmäßig zum weitaus größten Teil von einer *Strauchsteppe* gebildet (Cabrera & Willink 1980). Ihre Nordgrenze fällt nach Soriano et al. (1983) mit der 13°C-Jahresisotherme zusammen, die im Osten an der Mündung des Río Chubut bei 43°S ansetzt und am Andenrand in der Präkordillere von Mendoza bei 36°S auskeilt und vom Monte abgelöst wird. Ihre Polargrenze liegt im Norden von Feuerland, wo die Steppe in die von Ñire-Waldinseln (*Nothofagus antarctica*) durchsetzte Tundra Feuerlands übergeht. Im Andenvorland grenzt die Steppe an die andin-patagonischen Wälder.

In der Vegetation Patagoniens kommen geoökologische Anpassungsstrategien besonders zum Tragen. Cabrera (1978) schreibt, dass „... la vegetación muestra una alta adaptación a la defensa contra la sequía, contra el viento y contra los herbivorios.“ Die beste Anpassung an die geringen Niederschläge um nur 200 mm/Jahr, an die vor allem während der Vegetationsperiode beständig hohen Windgeschwindigkeiten von 6 bis 8 m/sec und die damit einhergehenden hohen Verdunstungsraten bietet die Polsterform (z.B. Radialvollflachpolster, Radialvollkugelpolster oder Radialhohlkugelpolster). Die typische Polster-Wuchsform wird konvergent von sehr verschiedenen Pflanzenfamilien gebildet (Hager 1986; Walter & Breckle 1991, 413). Zu diesen Polsterfamilien rechnen etwa Ephedraceen, Apiaceen (z.B. *Azorella* spp.; *Eryngium paniculatum*, *Mulinum spinosum*), Asteraceen (z.B. *Nassauvia* spp.; *Chuquiraga aurea* als Pionierpflanze), Fabaceen (*Adesmia* spp.), Frankeniaceen, Rosaceen (*Acaena* spp.), Oxalidaceen, Rubiaceen, Valerianaceen und Verbenaceen. Neben Cactaceen können auch zahlreiche Horstgräser der Gattungen *Festuca* und *Stipa* zu den Polsterpflanzen gerechnet werden. Polsterpflanzen sind primär an Wind exponierten und edaphisch trockenen, sekundär aber auch an durch Überweidung erosiv geschädigten Standorten besonders häufig (Hager 1986, Hoppe 1997). Aufgrund der überall augenfälligen Degradationsprozesse gleicht die Vegetation aber schon vielerorts eher einer *Halbwüste* als einer echten Gramineensteppe, da die Gräser immer stärker zurückgedrängt werden (Faggi 1983).

3. Bodendegradation – weit verbreitet und ungebremst

Schon Charles Darwin (1846) ist das gravierende Problem der Bodenschädigung in Argentinien aufgefallen. In seinem Buch beschreibt er die Folge einer Dürre mit Staubstürmen in der Pampa. Seit dieser Zeit wurde die Degradationsthematik immer wieder aufgegriffen (Wilhelmy & Rohmeder 1963), wobei in letzter Zeit v. a. die Bemühungen von Kugler (1983) und Prego (1988; 1996) vom Zentrum für Boden- und Wasserschutz (PROSA)

hervorzuheben sind. Das Gefährdungspotential ist dabei unterschiedlich und vielschichtig. Grundsätzlich kann die Erosion durch Wasser oder durch Wind hervorgerufen werden, wobei das natürliche ökologische Faktorengefüge von Relief, Boden, Klima und Vegetationsbedeckung einerseits, die Eingriffe des (land)wirtschaftenden Menschen andererseits zu berücksichtigen sind (Heine 1994).

3.1 Landschaftsschäden in der Pampa

Die potentielle Erosivität der Niederschläge dürfte sicher im Nordosten des Landes am Größten sein und sukzessive nach Südwesten, auf die Pampa zu, abnehmen. Während aber die Wald- und Weidegelände von Misiones, Corrientes und Entre Ríos aufgrund der Bodenbedeckung nicht so stark gefährdet sind, ist die nordöstliche Hügelpampa durch Nährstoffauswaschung, aber auch durch flächenhafte Bodenabspülung, ja sogar Rillenerosion und Grabenreißen betroffen. Gravierend ist dieses Problem v. a. deshalb, weil es sich gleichzeitig um das Gebiet mit den wertvollsten, weil potentiell ertragreichsten Böden des Landes handelt (Casas, Endlicher, Michelena & Naumann 2000). Aber selbst bei diesen nahezu optimal für den Ackerbau geeigneten Böden der Feuchtpampa sind die Degradationsprozesse zwischenzeitlich nicht mehr zu übersehen (Abb. 2). Die traditionelle Feld-Gras-Wirtschaft ist vielerorts dem reinen Feldbau auf Weizen, Mais, Sojabohnen und Sonnenblumen gewichen. Die progressive Mechanisierung der Landwirtschaft führt zum Einsatz immer schwererer Maschinen, deren häufiger Einsatz zur Bodenverdichtung beiträgt. Die zunehmende Verwendung künstlicher Bewässerung – selbst im sommerfeuchten Subtropenklima mit Jahresniederschlägen von ca. 1000 mm – und die Aussaat von Sojabohnen erlauben inzwischen zwei Ernten pro Jahr. Hohertragssorten verstärken den Entzug von Nährstoffen aus dem Boden. Weiter spielen die Besitzverhältnisse eine wichtige Rolle. Nach Abschätzungen der argentinischen Agrarbehörde INTA sollen zwei Drittel der Estanciasbesitzer ihr Land an „Contratistas“ verpachten. Diesen selbst gehören nur die landwirtschaftlichen Maschinen. 40 % des Gewinns ist dem Besitzer als Entgelt abzuliefern. Die Betriebsflächen wurden durch Erbteilung inzwischen oftmals auf unter 80 ha reduziert, so dass die Pächter gezwungen sind, den maximalen Ertrag zu erwirtschaften, um ihre Familie zu ernähren, was wiederum auf Kosten einer nachhaltigen Fruchtbarkeit geht.

Untersuchungen in der nördlichen Hügelpampa, dem mit am fruchtbarsten Gebiet der Feuchtpampa, ergaben, dass die Erträge von Weizen, Mais und Sojabohnen auf durch Wassererosion leicht geschädigten Feldern um respektive 6, 15 und 8 %, bei mäßigen Schäden um 12, 3 und 17 % sowie auf schwer geschädigten Feldern um 24, 61 und 34 %

niedriger lagen (Irurtia 1997). Setzt man diese Zahlen in Beziehung zu den jährlichen Erträgen und geschädigten Flächen der gesamten Pampa – 21 % sollen leichte, 12 % mäßige und 2 % schwere Erosionsschäden aufweisen – dann lässt sich, je nach Weltmarktpreis der Anbauprodukte, ein jährlicher Verlust von über 285 Mill. US \$ allein aufgrund der pampinen Bodenerosion kalkulieren (Casas 1998). Zeitungsmeldungen sprechen von 160 bis 270 Mill. US \$ (Gallacher 1988).

Ähnlich problematisch dürfte die Situation am Andenfuss im Nordwesten Argentiniens zu werten sein, wo aufgrund der hohen sommerlichen Niederschlagsintensitäten und des Steilreliefs ein erhebliches Schadenspotential besteht. Dass dabei die Art der Bodenbedeckung, z.B. Mais- oder Sonnenblumen, von entscheidender Bedeutung ist, versteht sich von selbst. Hunzinger (1995;1996) hat nachgewiesen, dass selbst unter Zitrusbaumkulturen ein erheblicher Abtrag bei entsprechenden Niederschlagsmengen und -intensitäten erfolgen kann.

Flächenmäßig noch weiter verbreitet ist die Erosion durch Wind, die bei lockerem, nicht oder kaum von Vegetation bedecktem Boden etwa bei 13 km/h einsetzt. Im Gegensatz zur Erosion durch Niederschlag ist sie ein Problem der Trockenpampa, in Patagonien, aber auch in den ariden Monte-Gebieten im Lee der Cuyo-Anden. In der Trockenpampa sind Sande zu großen Dünen aufgeweht und der fruchtbare Schluff des Oberbodens wird bei fehlender Bodenbedeckung bzw. während Dürreperioden durch die v. a. im Frühjahr starken Westwinde in den Atlantik geweht (Abb. 3).

Für Probleme der Wasser- und Winderosion sind von internationalen Organisationen wie der Food and Agriculture Organisation der Vereinten Nationen (FAO 1994) oder der International Soil Conservation Organisation (ISCO), aber auch von nationaler argentinischer Seite, vom Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA; www.elsitioagricola.com), zahlreiche Vorschläge und Modelle zur Eindämmung der Landschaftsschädigung entworfen worden. In der Pampa steht dabei die Rinderzucht auf offenen Koppelweiden ohne künstliche Zufütterung neben dem Hochtechnologie-Feldbau, der auf immer weitergehende Ertragssteigerungen ausgerichtet ist. Erst in den letzten Jahren sah man sich dabei überhaupt zu einer Applizierung von Mineraldünger (2-4 kg/ha) genötigt. Es gibt Beispiele einer 22jährigen, ununterbrochenen Sojabohnenkultivierung ohne Fruchtwechsel und Düngereinsatz, freilich mit katastrophalen Folgen für den Boden. Von Ansätzen zu einem ökologischen Feldbau mit eingeschränkten Erträgen, aber nachhaltiger Landnutzung ist man weit entfernt. Die aktuelle Klimaveränderung mit einer Niederschlagszunahme in der Pampa fördert sogar noch die Intensivierung und westwärtige Ausdehnung des Anbaus, was

wiederum die Folgen der Deflation in den episodisch auftretenden Dürrejahren verschärfen wird (Abb. 2) Es wäre schon viel gewonnen, wenn die Vorschläge von INTA zur Reduzierung des Wendepflügens und dem Übergang zum Einsatz von Vertikal- oder Minimalpflügen (no tillage techniques) Erfolg hätten. Solange allerdings nicht eine durchgreifende Änderung des Pachtsystems durchgeführt wird und die Landbesitzer sich nicht mehr um eine schonende Bearbeitung des Bodens kümmern, ist trotz der vorhandenen Information nicht mit grundlegenden Verbesserungen zu rechnen. Die in nur drei bis vier Generationen verursachten und allenfalls nur sehr langfristig zu behebenden bzw. irreversiblen Schäden stimmen eher pessimistisch.

3.2 Überweidung und Deflation in Patagonien

In Ostpatagonien wird Schafweidewirtschaft auf Großestancias von 5.000 bis 8.000 ha seit den 80er Jahren des 19. Jh. betrieben. Die Schafe wurden am Ende des 19. Jh. von den Engländern von den Falklandinseln importiert, da sie rohfaserreiche, nährstoffarme Futterstoffe, wie sie die Steppengebiete Patagoniens liefern, optimal verwerten. Aufgrund ihrer guten Marschfähigkeit können Schafe auch große Flächen sinnvoll nutzen, und Wolle ist ein hochwertiges und gut lagerfähiges Produkt, welches weite Transportwege verträgt. Das Wollkleid isoliert die Schafe nicht nur gegen die niedrigen Wintertemperaturen der Höhenlagen, sondern auch gegen den überall und beständig wehenden Wind. Insgesamt kann man von einer mittleren Tragfähigkeit zumindest in der südostpatagonischen Steppe von etwa einem Schaf pro Hektar ausgehen. In den trockensten Bereichen, in denen nur 200 mm Jahresniederschlag fallen, und in den Hochlagen sinken die Bestockungsraten aber auf 1 Schaf pro 6-8 ha. Wird die Bestockungsrate erhöht, kommt es nicht nur zu Überweidungsschäden dergestalt, dass die Vegetationsdecke zerstört, der Feinboden ausgeblasen und die ehemaligen Steppengebiete in ein halbwüstenartiges Steinpflaster verwandelt werden. Auch die Vegetationszusammensetzung ändert sich, und die sog. Murtilla-Heiden (*Empetrum rubrum*) erlauben aufgrund ihres geringen Weidewertes nur noch einen fünfmal niedrigeren Schafbesatz. Da die Biomasseproduktion in einer sehr engen Abhängigkeit vom Jahresniederschlag steht, sind die episodisch auftretenden Dürrejahre auch futterarme Jahre. Wird in solchen Jahren die Bestockungszahl nicht entsprechend dem gefallenem Niederschlag verringert, ist der durch Überweidung der natürlichen Steppenvegetation entstehende Schaden besonders groß. Der ungeschützte Feinboden wird durch den Starkwind während der Trockenperioden ausgeweht und ist unwiederbringlich verloren (Abb. 4). Die in nur 100 Jahren entstandenen Schäden durch Überweidung der

Vegetation und anschließender Deflation des Feinbodens sind mit dafür verantwortlich, dass die Schafzahl sowohl auf argentinischer als auch chilenischer Seite seit den siebziger Jahren 1970 stark rückläufig ist und z.B. im argentinischen Teil Patagoniens von fast 25 Mio. noch im Jahre 1977 auf 15 Mio. im Jahre 1996 zurück gegangen ist (www.fao.org/ag). Die Schnelligkeit, mit der die Überweidungsschäden zunehmen, die mit der erst vor 100 Jahren aufgenommenen extensiven Beweidung durch Schafe in direktem Bezug stehen, ist besonders erschreckend.

Im historischen Rückblick ist festzustellen, dass die klimaökologischen Rahmenbedingungen auf den Falklandinseln, von wo die Schafzucht ihren Ausgang nahm, nicht mit denen Ostpatagoniens verglichen werden können; denn ohne den Leeeffekt der Anden fallen mit 800 mm Jahresniederschlag auf den Falklandinseln viermal soviel wie in Ostpatagonien (Baruth, Endlicher & Hoppe 1998). Der Schafweideboom begann am Anfang des 20. Jh. im an der Magellanstraße liegenden und mit über 400 mm noch relativ gut beregneten Punta Arenas und dehnte sich von dort sukzessive nach Norden aus. Die Tragfähigkeitsprobleme wurden dann lange Zeit unterschätzt. Auf die Überweidungs- und Deflationsschäden wurde man erstmals in den 1950er und 60er Jahren aufmerksam (Kugler 1955, Prego 1961, Eriksen 1972). Bis in die 80er Jahre blieben die Warnungen von seiten der Wissenschaft unberücksichtigt. Zwischenzeitlich nahm die Bodendegradation durch Viehtritt und Wind drastische Ausmaße an. Der Verfall des Wollpreises (Reduktion auf ein Fünftel innerhalb von 50 Jahren; Abb. 5), die Zunahme der Produktionskosten (Verdoppelung bis Verdreifachung) und der Rückgang der Tragfähigkeit um 25 bis 50 % aufgrund der Degradation haben eine verheerende Kombination entstehen lassen (www.fao.org/ag, S. 12). Internationale Konzerne wie Benetton oder Jacobs erwarben große Ländereien zu niedrigen Preisen, da die Weidewerte aufgrund der Degradations- und Desertifikationsprozesse stark gesunken sind (Naumann 1996).

Aber nicht nur im offenen Ostpatagonien ist der Naturraum durch eine den ökologischen Rahmenbedingungen nicht adäquate und damit nicht nachhaltige Nutzung stark gestört. Auch durch die gerade erst 5 bis 6 Jahrzehnte zurück liegende Kolonisation der Präkordillere im chilenischen Westpatagonien kam es zu schweren Landschaftsschäden. Als Gründe sind hier das durch glaziale Übertiefung verstellte Relief und die auf dem Felssubstrat „wurzellos“ aufliegenden vulkanischen Ascheböden zu nennen. Sie sind am Ende des Winters stark wasserübersättigt und neigen zu Blaikenbildung, Tapeten- und Hangrutschungen. Bei Rodung des schützenden Waldkleides wird diese Tendenz verstärkt (Vött & Endlicher 2001). In der 11. chilenischen Region Aysén sind mit ca. 3 Mio. ha. Wald bei dieser Binnenkolonisation mehr als die Hälfte der natürlichen Nothofagusbestände vernichtet worden. Baumleichen und

Totholz auf den Weiden im Valle Imperador Guillermo zeugen auch heute noch von diesen katastrophalen Eingriffen. Nach Zusammenstellungen der chilenischen Umweltbehörde CONAMA soll in der östlichen Präkordillere von Aysén über die Hälfte der Gemeindefläche Erosionsschäden aufweisen (CONAMA 1994, 2-5).

In den letzten Jahren ist besonders die Winderosion in Patagonien als ein großes Problem der argentinischen Agrarlandschaft erkannt worden (Endlicher 1991a,b, 1992, 1995; Endlicher & Hoppe 1994; Hoppe 1995, 1997; Soriano & Movia 1986). Der beständig wehende Wind, die spärlichen Niederschläge um nur 200 mm im Jahr und eine stetige Überweidung führten in kaum 100 Jahren extensiver Nutzung zu schweren, vielerorts inzwischen irreversiblen Schäden (Abb. 3). Es erscheint bezeichnend, dass es erst einer schweren ökonomischen Krise der Schafweidewirtschaft - mit dem wirtschaftlichen Ruin und dem Verlust zahlreicher, einst wohlhabener Betriebe - bedurfte, um das ganze Ausmaß dieser ökologischen und ökonomischen Katastrophe deutlich werden zu lassen (Abb. 6). Es stellt sich immer mehr heraus, dass zumindest die höher gelegenen, kühleren und windexponierten Gebiete Patagoniens ökologisch nicht für eine Schafbeweidung geeignet sind, zumindest nicht in der derzeitig praktizierten Weise ohne Koppelhaltung und ohne Anpassung an die lokalen, edaphischen und klimatischen Differenzierungen.

4. Schlussfolgerungen

Bei Prego (1988; 1996), Durán (1998) oder Bertonatti & Corcuera (2000) ist nachzulesen, wie immer wieder auf wissenschaftlichen Konferenzen die Degradationsprozesse aufgearbeitet und in nationalen und internationalen Aktionsprogrammen, Informationsbroschüren und Aufrufen versucht wird, das Problem den Estancieros, Landbesitzern und Pächtern, vor Augen zu führen und Vorschläge zu seiner Minderung zu unterbreiten. Auch ein deutsch-argentinisches Kooperationsprojekt beschäftigt sich seit über einem Dutzend von Jahren mit der Desertifikation in Patagonien (INTA-GTZ 1995). Auch wenn schon Fortschritte erzielt wurden, wie etwa die Untersuchungen von Borelli & Oliva (2001) zeigen, so ist weiterhin festzustellen, dass dieses sehr schwierige Problem mit seiner landesweiten Dimension bisher noch nicht befriedigend gelöst werden konnte.

Eine nachhaltige Nutzung der Naturressourcen, sei sie intensiv wie in der argentinischen Pampa oder extensiv wie in Ostpatagonien, setzt zwangsläufig eine genaue Kenntnis der geo- und bioökologischen Rahmenbedingungen voraus. Für derartige Untersuchungen eignen sich aufgrund der Größe der betroffenen Gebiete am besten Fernerkundungsmethoden (Hoppe 1995, 1997; Endlicher & Hoppe 1997). Schafbestockung, Weiderotation und Ausgliederung

von Natur- und Landschaftsschutzgebieten müssen an die Ökotoptstruktur angepasst sein. Die in den tief eingeschnittenen Tälern windgeschützten Feuchtgebiete und die mit Tussockgräsern und Zwergsträuchern bestandenen, windexponierten Hochflächen bedürfen einer grundsätzlich unterschiedlichen Nutzung. Neben ökologischen spielen aber auch ökonomische, ja weltwirtschaftliche Aspekte, wie z.B. der Wollpreis, eine Rolle, und selbst soziokulturelle Zusammenhänge, im vorgegebenen Fall etwa das Interesse und Engagement der Estancieros, sind nicht zu vernachlässigen; denn oft haben die Landbesitzer ihren Hauptwohnsitz in weit entfernten Großstädten oder gar in der Metropole Buenos Aires und sind nur im Ausnahmefall an einer wirklich nachhaltigen Landnutzung interessiert.

5. Literatur

- Baruth, B., W. Endlicher & P. Hoppe (1998): Climate and Desertification Processes in Patagonia. In: 3. Bamberger Südamerika Symposium, Bamberger Geographische Schriften, Bd. 15, S. 307-320
- Bertonatti, C. & J. Corcuera (2000): Situación Ambiental Argentina 2000. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, 440 S.
- Borelli, P. & G. Oliva (Hrsg., 2001): Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. INTA. Río Gallegos, 270 S.
- Cabrera, A. L. (1978): La vegetación de la Patagonia y sus relaciones con la vegetación Altoandina y Puneña. In: C. Troll & W. Lauer (Hrsg.): Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. Erdwiss. Forsch. 11, S. 329-343
- Cabrera, A. L. & A. Willinck (1980): Biogeografía de América Latina. Secretaria General de la OEA, Programa regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de biología, monografía no. 13., 2. Aufl. Washington D.C.
- Casas, R. (1998): Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región pampeana.- In: Hacia una agricultura productiva y sostenible en la Pampa. Harvard University, David Rockefeller Center for Latin American Studies.
- Casas, R., W. Endlicher, R. Michelena & M. Naumann (2000): Prozesse der Bodendegradation in der argentinischen Pampa. Die Erde 131, S. 1-16
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) und Ministerio de Agricultura (Hrsg., 1994): Plan Nacional de Conservación de Suelos. Santiago de Chile.
- Cooperación Técnica Argentina-Alemana (INTA-GTZ 1995): Lucha contra la desertificación en la Patagonia: Evaluación del estado actual de la desertificación en áreas representativas de la Patagonia. Informe Final de la Fase I. Río Gallegos, Trelew, Puerto Madryn, Bariloche, 173 S.
- Correa, M. N. (1998): Flora Patagónica. Colección Científica del INTA. Tomo VIII, Parte 1, Buenos Aires, 391 S.

- Durán, D. (Hrsg., 1998): *La Argentina Ambiental: Naturaleza y Sociedad*. Buenos Aires, 351 S.
- Darwin, Ch. (1846): *Geological observations on South America (Part 3: The Geology of the voyage of the Beagle under the Command of Capt. Fitzroy, R. N.)*. London, 279 S.
- Endlicher, W. (1991a): Zur Klimageographie und Klimaökologie von Südpatagonien. In: W. Endlicher und H. Goßmann (Hrsg.): *Beiträge zur angewandten und regionalen Geographie*. Freiburger Geogr. Hefte, H. 32, S. 181-211
- Endlicher, W. (1991b): Patagonien – klima- und agrarökologische Probleme an der Magellanstraße. *Geographische Rundschau* 43, S. 143-151
- Endlicher, W. (1992): Anthropogene Eingriffe in den Naturhaushalt südandiner Lebensräume. In: W. Reinhard und P. Wallmann (Hrsg.): *Nord und Süd in Amerika*, Bd. 1, Freiburg im Breisgau, S. 64-77
- Endlicher, W. (1995): Bodengeographisch-ökologische Umweltforschung: Boden als Mensch-Umwelt-System. *Die Erde* 126, S. 287-302
- Endlicher, W. & P. Hoppe (1997): Reliefstrukturen, Vegetationsverteilung und Degradationsprozesse in Patagonien untersucht mit ERS-1 – Bilddaten. *Petermanns Geogr. Mitteilungen – Ergänzungsheft* 287, S. 119-133
- Eriksen, W. (1972): Störungen des Ökosystems patagonischer Steppen- und Waldregionen unter dem Einfluß von Klima und Mensch. *Biogeographica* 1, S. 57-73
- Eriksen, W. (1978): Argentinien. Der Naturraum. Die Erschließung des Naturraums. Bevölkerungs- und Stadtentwicklung. In: Friedl Zapata, J. A. (Hrsg.): *Argentinien*. Tübingen, S. 3-83
- Faggi de Lenz, A. M. (1983): *Pflanzengesellschaften und Böden im Bereich einer südpatagonischen Estancia (Cabo Buen Tiempo) und deren Veränderung durch den Menschen*. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München.
- FAO (1994): *Proyecto GCP/RLA/107/JPN Apoyo para una Agricultura Sostenible Mediante Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina*. Santiago de Chile.
- Gallacher, M. (1988): Deterioro de los suelos pampeanos.-Tageszeitung «La Nación» vom 23.07.1988, Sección 3a.
- Garleff, K. (1975): Formungsregionen in Cuyo und Patagonien. *Z. Geomorph. N. F. Suppl.*-Bd. 23, S. 137-145
- Hager, J. (1986): Zur Verbreitung der Polsterpflanzen in der patagonischen Zwergstrauch-Halbwüste – ein Beitrag zum ökologischen Verständnis der Wuchsform. *Bot. Jahrb. Syst.* 106, S. 511-540
- Hager, J. (1991): Die Halbwüste in Patagonien. In: H. Walter und S-W. Breckle (Hrsg.): *Ökologie der Erde*, Bd. 4, Gemäßigte und Arktische Zonen außerhalb Euro-Nordasiens. Stuttgart, S. 405-420
- Heine, K. (1994): Bodenzerstörung – ein globales Umweltproblem. *Akad. Wiss. Lit. Mainz, Abh. math.-naturwiss. Klasse* 1994 (2), S. 65-91
- Hoffmann, J. A. J. (1992a): Das mittlere Luftdruckfeld und seine jahreszeitlichen Veränderungen in Südamerika. *Erdkunde* 46, S. 40-45
- Hoffmann, J. A. J. (1992b): Zur Dynamik des Niederschlagsregimes in Südamerika. *Erdkunde* 46, S. 46-51

- Hoffmann, J. A. J., S. Haluszczak & J. Coy (1994): Die Niederschlagscharakteristik in Nordwest- und Zentralargentinien und ihre wirtschaftliche Bedeutung. *Geoökodynamik* XV, S. 151-163.
- Hoppe, P. (1995): Landschaftsökologische Untersuchungen mit Hilfe von Satellitenbilddaten der Region Río Gallegos, Argentinien. *Marburger Geogr. Schriften*, H. 129, S. 123-146
- Hoppe, P. (1997): Geoökologische Untersuchungen zur Landschaftsdegradation in SO-Patagonien unter Einbezug von Satellitenbilddaten der Systeme Landsat-TM und ERS-1. *Freiburger Geogr. Hefte*, H. 53, 208 S.
- Hueck, K. & P. Seibert (1972; 1981): Vegetationskarte von Südamerika. Stuttgart, 90 S.
- Hunzinger, H. (1995): Struktur und Intensität der Starkniederschläge zwischen Gran Chaco und Vorpuna. In: W. Endlicher & E. Würschmidt (Hrsg.): Stadtklimatologische und lufthygienische Untersuchungen in San Miguel de Tucumán, Nordwestargentinien. *Marburger Geogr. Schriften*, H. 128, S. 60-77
- Hunzinger, H. (1996): Starkregen und Überschwemmungen: Klimatische und hydrologische Naturrisiken am andinen Bergfuß von Tucumán unter Einbezug anthropogener Eingriffe in das Geoökosystem. Diss. FB Geographie, Philipps-Univ. Marburg.
- Irurtia, C. B. (1997): Influencia de los procesos de erosión y degradación de suelos en los rendimientos de los cultivos en el norte de la región pampeana. Instituto de Suelos, INTA-Castelar (unveröff.).
- Kugler, W. F. (1955): La erosión por el viento y el cultivo bajo cubierta. IDIA Nr. 93/94, INTA. Buenos Aires, 30 S.
- Kugler, W. F. (1983): Conservación del suelo y del agua e inundaciones en la Cuenca del Plata. Operativo Paraguas. IDIA, Suppl. Nr. 40, INTA. Buenos Aires, 111 S.
- Kühn, F. (1927): Argentinien. Handbuch zur physischen Landeskunde. 2 Bände, Breslau.
- Mercer, J. H. (1976): Glacial history of southernmost South America. *Quat. Res.* 6, S. 125-166
- Moscattelli, G. (Coordinación General; 1990): Atlas de Suelos de la República Argentina. Proyecto PNUD Argentina 85-019, SAGyP - INTA. 2 Bde, Buenos Aires.
- Moscattelli, G. & M. S. Pazos (2000): Soils of Argentina – Nature and Use. In: I. Kheoruenromne & S. Theerawong (eds): *Proc. Int. Symposium on Soil Science: Accomplishments and Changing Paradigm towards the 21st Century*. Bangkok, S. 81-92
- Naumann, M. (1996): Das nordpatagonische Seengebiet Nahuel-Huapi (Argentinien). Biogeographische Struktur, Landnutzung seit dem 17. Jahrhundert und aktuelle Degradationsprozesse. *Marburger Geogr. Schriften*, H. 131, 285 S.
- Parodi, L. R. (1930): Ensayo fitogeográfico sobre el Partido de Pergamino. *Rev. Facultad Agron. y Veter.* 7, S. 65-271
- Prego, A. J. (1961): La erosión eólica en la República Argentina. *Revista Ciencia e Investigación*, T. 17 (8), S. 307-324. Publ. 78 del I.S.A. INTA, Buenos Aires.
- Prego, A. J. (Hrsg., 1988a; 1996): El deterioro del ambiente en la Argentina. Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua (PROSA-FECIC). Buenos Aires, 519 S.
- Prego, A. J. (1988b): Antecedentes sobre erosión, degradación ambiental y conservación del suelo. In: A. Prego (Hrsg.), *El deterioro del ambiente en la Argentina*. PROSA-FECIC, Buenos Aires, S. 5-18

- Prego, A. J. (1988c): Erosión actual la República Argentina - Conclusiones y Recomendaciones. In: Prego, A. (Hrsg.), El deterioro del ambiente en la Argentina. PROSA-FECIC, Buenos Aires, S. 187-190
- Schellmann, G. (1998): Jungkänozoische Landschaftsgeschichte Patagoniens (Argentinien). Andine Vorlandvergletscherungen, Talentwicklungen und marine Terrassen. Essener Geogr. Arbeiten 29, 216 S.
- Soriano, A. (1979): Distribution of grasses and grasslands in South America. In: M. Numata (Hrsg.): Ecology of Grasslands and Bamboolands in the World. Jena, S. 84-91
- Soriano, A. et al. (1983): Deserts and Semi-Deserts of Patagonia. In: N. E. West (Hrsg.), Ecosystems of the World Vol. 5: Temperate deserts and semi-deserts. Amsterdam, S. 423-460
- Soriano, A. & C. Movia (1986): Erosión y desertización en la Patagonia. Interciencia 11, S. 77-83
- Soriano, A. et al. (1992): Río de la Plata Grasslands. In: R. T. Coupland (Hrsg.). Natural Grasslands, Introduction and Western Hemisphere. Ecosystems of the World 8 A. Amsterdam etc., S. 367-407
- Vött, A. & W. Endlicher (2001): Landscape degradation in the XIth Region of Chile within the Framework of Growing Environmental Problems in Western Patagonia. Die Erde 132, S. 239 - 268
- Walter, H. & S.-W. Breckle (1991): Ökologie der Erde, Band 4, Gemäßigte und Arktische Zonen außerhalb Euro-Nordasiens. Stuttgart, 586 S.
- Weischet, W. (1985): Climatic Constraints for the Development of the Far South of Latin America. GeoJournal 11, S. 79-87
- Wilhelmy, H. & W. Rohmeder (1963): Die La Plata Länder. Argentinien, Paraguay, Uruguay, Braunschweig.
- Zeil, W. (1986): Südamerika. Geologie der Erde, Bd. 1, Stuttgart, 160 S.

Internetseiten

www.alihuen.org.ar/informacion/mapas-argentinos.htm
<http://www.fao.org/ag/agl/agll/ada/arg/Archivos/08%20-%20Estrategias/Informe.htm>
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T2351S/T2351S00.htm
http://www.elsitioagricola.com/Vinculos/resultadoVinculos.asp?v_drl_codi=122

Abbildungen

Abb. 1: Vegetationsgebiete Argentiniens

Abb. 2: Naturräumliche Gliederung sowie Schäden durch Wasser- und Winderosion in der argentinischen Pampa (Quelle: Casas, Endlicher, Michelena & Naumann 2000, verändert)

Abb.3: Bodenerosion durch Wind in Argentinien. Quelle: INTA und www.alihuen.org.ar/informacion/mapas-argentinos.htm (verändert)

Abb. 4: Vom Sand überdeckte Weidegebiete im Tal des Río Deseado, Ostpatagonien. Foto: Endlicher

Abb. 5: Schafzahl- und Wollpreisentwicklung in Patagonien im 20. Jh. Quelle: www.fao.org/ag (verändert)

Abb. 6: Prozesse der Landschaftsdegradation in Ostpatagonien nach Einführung der Schafzucht (Quelle: Endlicher 1992, verändert)